

Electrically pumped laser with organic layers has at least one charge carrier transport layer that is doped to produce movable charge carriers

Patent number: DE10162783

Publication date: 2003-07-10

Inventor:

Applicant: UNIV DRESDEN TECH (DE)

Classification:

- international: *H01S5/36; H01S5/042; H01S5/183; H01S5/32; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/14; H01S3/098*

- european: H01S5/36

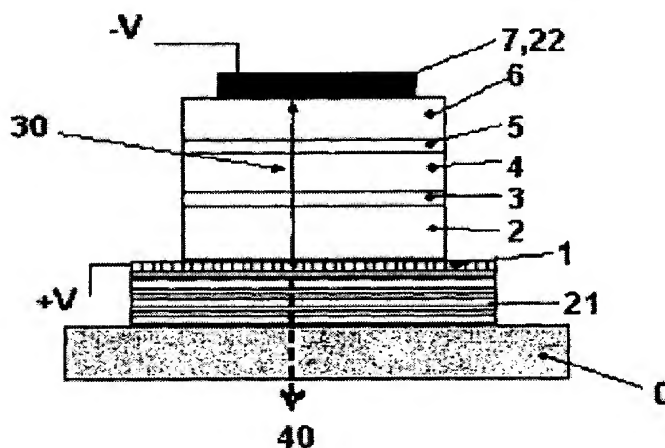
Application number: DE20011062783 20011219

Priority number(s): DE20011062783 20011219

[Report a data error here](#)

Abstract of DE10162783

The electrically pumped laser has organic layers consisting of charge carrier transport layers (2,6), a light emitting layer (4), contact layers (1,7) and a resonator arrangement. At least one of the charge carrier transport layers is doped to produce movable charge carriers. A hole transport layer and/or an electron transport layer are divided into several layers.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Family list**1** family member for:**DE10162783**

Derived from 1 application.

 **Back to DE1**

- 1 Electrically pumped laser with organic layers has at least one charge carrier transport layer that is doped to produce movable charge carriers**

Inventor:**Applicant:** UNIV DRESDEN TECH (DE)**EC:** H01S5/36**IPC:** *H01S5/36; H01S5/042; H01S5/183* (+4)**Publication info:** **DE10162783 A1** - 2003-07-10Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 101 62 783 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 S 3/14
H 01 S 3/098

②① Aktenzeichen: 101 62 783.1
②② Anmeldetag: 19. 12. 2001
②③ Offenlegungstag: 10. 7. 2003

DE 101 62 783 A 1

⑦① Anmelder:
Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, DE

⑦② Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE 198 27 824 A1
DE 198 05 993 A1
WO 98 50 989 A1

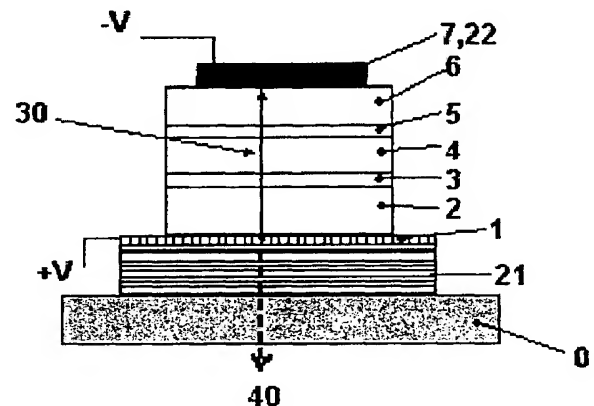
KOZLOV, V.G., u.a.: Structures for Organic Diode Lasers and Optical Properties of Organic Semiconductors Under Intense Optical and Electrical Excitations. In: IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 36, No. 1, 2000, S. 18-26;
BARLOW, G.F., SHORE, K.A.: Threshold current analysis of distributed feed-back organic semiconductor lasers. In: IEEE Proc.-Optoelectron., Vol. 148, No. 1, 2001, S. 2-6;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Elektrisch gepumpter Laser mit organischen Schichten

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen elektrisch gepumpten Laser mit organischen Schichten, der aus Ladungsträgertransportschichten (2, 6), einer lichtemittierenden Schicht (4), Kontaktschichten (1, 7) und einer Resonatoranordnung besteht. Die für einen Laserbetrieb notwendige hohe Dichte von Ladungsträgern in der aktiven lichtemittierenden Schicht wird dabei erfindungsgemäß über dotierte Ladungsträgertransportschichten injiziert und geleitet. Die Dotierung sorgt für eine hohe Dichte freier Ladungsträger in den Transportschichten und damit für eine bessere Ladungsträger-Injektion und besseren Ladungsträger-Transport. Durch die Verwendung der dotierten Transportschichten können sowohl laterale als auch vertikale Resonatoren so ausgelegt werden, dass die Verluste minimiert und die Kopplung der optischen Mode an die aktive Schicht optimiert wird.



DE 101 62 783 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektrisch gepumpten Laser mit organischen Schichten, insbesondere einen elektrisch gepumpten organischen Laser nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bauelemente aus dünnen organischen Schichten sind seit der Demonstration effizienter Leuchtdioden durch Tang et al. 1987 [C. W. Tang et al. Appl. Phys. Lett. 51 (12), 913 (1987)] aussichtsreiche Strukturen für vielfältige Anwendungen. Sie bestehen aus einer Reihenfolge dünner (typischerweise 1 nm bis 1 µm) Schichten aus organischen Materialien, welche bevorzugt im Vakuum aufgedampft oder in ihrer polymeren Form aufgebracht werden. Nach elektrischer Kontaktierung durch Metallschichten bilden sie elektronische oder optoelektronische Bauelemente, wie z. B. Dioden, Leuchtdioden, Photodioden und Transistoren, die im Vergleich zu den etablierten Bauelementen auf der Basis anorganischer Schichten verschiedene Vorteile aufweisen.

[0003] Im Falle der organischen Leuchtdioden (OLEDs) wird durch die Injektion von Ladungsträgern (Elektronen von der einen, Löcher von der anderen Seite) aus den Kontakten in die anschließenden organischen Schichten infolge einer äußeren angelegten Spannung, der folgenden Bildung von Exzitonen (Elektron-Loch-Paaren) in einer aktiven Zone und der strahlenden Rekombination dieser Exzitonen Licht erzeugt und von der Leuchtdiode emittiert.

[0004] Der Vorteil solcher Bauelemente auf organischer Basis gegenüber den konventionellen Bauelementen auf anorganischer Basis (Halbleiter wie Silizium, Galliumarsenid) besteht darin, dass es möglich ist, sehr großflächige Elemente herzustellen, also große Anzeigeelemente (Bildschirme, Screens) oder großflächige Laser-Arrays für z. B. Datenübertragung. Die organischen Ausgangsmaterialien sind gegenüber den anorganischen Materialien relativ billig (geringer Material- und Energieaufwand). Obendrein können diese Materialien aufgrund ihrer gegenüber anorganischen Materialien geringen Prozesstemperatur auf flexible Substrate aufgebracht werden und beliebig mit anderen optoelektronischen Bauelementen integriert werden. Die besonderen optischen und elektrischen Eigenschaften organischer Halbleiter führen außerdem dazu, dass organische Laser potentiell eine höhere Temperaturstabilität aufweisen als Laser basierend auf herkömmlichen anorganischen Halbleitern (Kozlov et al. US 6,160,828).

[0005] Der prinzipielle Aufbau eines solchen Bauelementes stellt eine Anordnung aus einer oder mehrerer der folgenden Schichten dar:

- a) Träger, Substrat,
- b) Basiselektrode, löcherinjizierend (Pluspol), meist transparent,
- c) Löcher injizierende Schicht,
- d) Löcher transportierende Schicht (HTL),
- e) Licht emittierende Schicht (EL),
- f) Elektronen transportierende Schicht (ETL),
- g) Elektronen injizierende Schicht,
- h) Deckelektrode, meist ein Metall mit niedriger Austrittsarbeit, elektroneninjizierend (Minuspol),
- i) Kapselung, zum Ausschluss von Umwelteinflüssen.

[0006] Dies ist der allgemeinste Fall, meistens werden einige Schichten weggelassen (außer b, e und g) oder aber eine Schicht kombiniert in sich mehrere Eigenschaften.

[0007] Im Gegensatz zu Lichtemittern aus anorganischen Halbleitern gelang es bisher nicht, elektrisch gepumpte Laser auf der Basis dünner organischer Schichten zu realisieren. Am weitesten fortgeschritten sind Arbeiten mit organi-

schen Einkristallen, für die ein elektrisch gepumpter Laser demonstriert werden konnte (J. H. Schön, Ch. Kloc, A. Dodabalapur, B. Batlogg, Science, 289 (28), 599 (2000)). Laser auf der Basis organischer Einkristalle sind jedoch für Anwendungen kaum geeignet, wegen des hohen Aufwandes bei der Herstellung und den damit verbundenen Kosten.

[0008] Laser mit organischen Schichten als aktives (d. h. lichtemittierendes) Medium werden in einigen Patentschriften vorgeschlagen (Kozlov et al. US 6,111,902; Kozlov et al. US 6,160,828; Feldmann et al. DE 198 05 993). Es handelt sich dabei um optisch gepumpte (die Exzitonen der aktiven organischen Schicht werden optisch über Absorption kurzwelligerer Strahlung erzeugt) Laser, welche bereits demonstriert wurden (z. B. V. G. Kozlov, V. Bulovic, S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 71 (18), 2575–2577 (1997)). Diese Schichten und Aufbauten werden gleichzeitig als elektrisch gepumpte Laser vorgeschlagen. Dazu werden in den oben genannten Patentschriften nur zusätzliche Elektroden in das Bauelement eingebracht. In Patent US 6,111,902 wird der grundsätzliche Aufbau eines organischen Lasers vorgestellt. Dieser besteht aus einem aktiven organischen Medium, welches unter Pumpen zur Emission von Laserlicht fähig ist. Die Führung der Lasermode wird dadurch erreicht, dass der Brechungsindex des aktiven Materials größer als der des Substrates ist. Im Patent US 6,160,828 wird genauer der Aufbau eines vertikal emittierenden Lasers (eines sogenannten VCSEL) beschrieben. Der Laser-Resonator wird hierbei durch Spiegel zu beiden Seiten der aktiven Schicht gebildet. Schließlich beschreibt Patent DE 198 05 993 einen organischen Laser mit einem Laser-Resonator, der durch verteilte Rückkopplung ("distributed feedback resonator", DBR) des emittierten Lichtes gebildet wird. Auch dieser für optisches Pumpen bereits demonstrierte (z. B. C. Kallinger et al. Adv. Mater., 10 (12), 920 (1998)) Laser kann prinzipiell elektrisch betrieben werden, indem Kontakte in das Schichtsystem eingebracht werden. Damit organische Bauelemente Laserlicht aussenden können, muss jedoch in der aktiven Schicht eine hohe Dichte von Exzitonen vorhanden sein. Dies wird beim optischen Pumpen durch eine sehr hohe Lichtintensität in kurzen Pulsen des anregenden Lichtes erreicht. Für das elektrische Pumpen bedeutet dies, dass eine hohe Injektionsstromdichte im Bauelement (einige 100 A/cm²) benötigt wird. Die damit verbundenen Probleme verhindern bisher die Realisierung des elektrisch gepumpten Lasers.

[0009] Ein wesentlicher Nachteil organischer Schichten bei der Realisierung eines elektrisch gepumpten Lasers ist die vergleichsweise geringe Leitfähigkeit organischer Schichten. Diese resultiert zum einen aus der relativ geringen Beweglichkeit der Ladungsträger, die prinzipiell nur schwierig zu steigern ist.

[0010] Zum anderen kommt jedoch hinzu, dass organische Schichten in Bauelementen bisher im Regelfall in undotiertem Zustand eingesetzt wurden. Mithin weisen die organischen Schichten eine geringe intrinsische Ladungsträgerdichte auf. Deswegen ist es notwendig, zur Erzielung von guter Leitfähigkeit der Transportschichten eine hohe Dichte von Ladungsträgern aus den Kontakten zu injizieren. Dies führt unweigerlich dazu, dass sich Raumladungszonen ausbilden, welche schließlich den Injektionsstrom begrenzen. Für die Erzielung hoher Ströme sind deswegen hohe Spannungen notwendig, die unweigerlich zu hoher ohmscher Last und damit zur Zerstörung des Bauelements führen können. Dies ist bei den für Laserbetrieb notwendigen hohen Stromdichten besonders kritisch.

[0011] Ein weiterer möglicher Nachteil der hohen Injektionsspannungen ist die hohe kinetische Energie der Ladungsträger, die zu heißen, mit dem Gitter nicht thermalisierten

Ladungsträgern führt. Solche heißen Ladungsträgerverteilungen können eine spektral breite erhöhte Absorption der Transportschichten bewirken, was ebenfalls für die Realisierung eines elektrisch gepumpten Lasers abträglich ist, da dadurch ein möglicher optischer Gewinn in der aktiven Zone wieder aufgezehrt werden kann.

[0012] Schließlich wird bei undotierten Transportschichten eine effiziente Injektion auch dadurch behindert, dass an den Kontakten Barrieren vorhanden sind, welche die Injektion behindern. Um entsprechende Injektionsströme zu erreichen, müssen deshalb höhere Spannungen angelegt werden, die beim Betrieb eines Laser wiederum zu schädlicher ohmscher Erwärmung führen.

[0013] Schließlich behindert die geringe Leitfähigkeit der organischen Schichten auch bei der Auslegung von Laserstrukturen: Zum einen müssen die optisch aktiven Schichten nahe den Kontaktschichten angeordnet werden, was zu hohen Verlusten im Resonator führen kann; zum anderen ist es bei vertikalen Resonatoren nur eingeschränkt möglich, die optisch aktive Schicht im Maximum der stehenden optischen Welle anzuordnen.

[0014] Aus der US 5,093,698 ist der Vorschlag bekannt, löcherleitende und/oder elektronenleitende Schichten von organischen Leuchtdioden mit anderen organischen Molekülen zu dotieren, um deren Leitfähigkeit zu erhöhen. Unter Dotierung in diesem Sinne ist gemeint, dass durch die Beimischung der Dotiersubstanzen in die Schicht die Gleichgewichts-Ladungsträgerkonzentration in dieser Schicht erhöht wird, verglichen mit den reinen Schichten aus einer der zwei beteiligten Substanzen, was sich in einer verbesserten Leitfähigkeit und besseren Ladungsträgerinjektion aus den angrenzenden Kontaktschichten in diese Mischschicht äußert. Die in US 5,093,698 beschriebenen Lagen der Energieniveaus sind jedoch mit in der Praxis verfügbaren Materialien nicht zu erreichen. In der Patentschrift DE 100 58 578.7 haben wir beschrieben, wie durch die Kombination dotierter Transportschichten mit undotierten Blockschichten effiziente Leuchtdioden mit niedrigen Betriebsspannungen erzielt werden können.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, geeignete Strukturen eines elektrisch gepumpten organischen Lasers mit dotierten organischer Ladungsträgertransportschichten anzugeben.

[0016] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe in Verbindung mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen dadurch gelöst, dass mindestens eine der Ladungsträgertransportschichten zur Erzeugung von beweglichen Ladungsträgern dotiert ist. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0017] Gemäß der Erfindung erfolgt der Transport von Elektronen und/oder Löchern zu den Licht emittierenden Schichten über dotierte Transportschichten, die durch hohe Leitfähigkeit und gute Injektion zu geringen Spannungsabfällen und geringer Wärmeerzeugung führen und die geringe Absorption im Emissionsbereich des Lasers besitzen. Die Ladungsträgertransportschicht ist durch eine Beimischung einer organischen oder anorganischen Substanz (Dotand) dotiert. Ein weiterer entscheidender Vorteil eines organischen Lasers mit dotierten Transportschichten ist die Tatsache, dass durch die gute Leitfähigkeit der Transportschichten auch bei geringen angelegten Spannungen eine Einstellung der Schichtdicken in einem weiten Bereich möglich ist. Dadurch wird es zum einen möglich, metallische oder andere hochleitende und deswegen zu starker Dämpfung der Lasermode führende Kontaktschichten räumlich weiter von der aktiven bzw. von den lichtführenden Schichten zu entfernen. Zum anderen kann bei vertikalen Laserresonatoren die optisch aktive Schicht exakt in einem

Maximum der Feldstärke der stehenden optischen Welle platziert werden.

[0018] Eine vorteilhafte Ausführung einer Struktur innerhalb des Resonators eines erfindungsgemäßen organischen Lasers beinhaltet die folgenden Schichten:

1. Basiselektrode, löcherinjizierend (Anode = Pluspol),
2. p-dotierte Löcher injizierende und transportierende Schicht,
3. löcherseitige Blockschicht (typischerweise dünner als Schicht 3) aus einem Material, dessen Bandlagen zu den Bandlagen der sie umgebenden Schichten passt,
4. lichtemittierende Schicht,
5. dünnere (als Schicht 6) elektronenseitige Blockschicht aus einem Material, dessen Bandlagen zu den Bandlagen der sie umgebenden Schichten passt,
6. n-dotierte Elektronen injizierende und transportierende Schicht,
7. Deckelektrode, elektroneninjizierend (Kathode = Minuspol)

[0019] Was in den Schichten 3 und 5 als zueinander passende Bandlagen zu verstehen ist, ist näher im Patent DE 100 58 578.7 (Pfeiffer et al.) beschrieben.

[0020] Es ist auch im Sinne der Erfindung, wenn nur eine Seite (löcher- oder elektronenleitend) dotiert ist. Weiterhin kann die Blockschicht nur auf einer oder keiner Seite Verwendung finden, wenn z. B. die Bandlagen der injizierenden und transportierenden Schicht und der Lichtemissionsschicht bereits zueinander passen. Des weiteren können die Funktionen der Ladungsträgerinjektion und des Ladungsträgertransports in den Schichten 2 und 6 auf mehrere Schichten aufgeteilt sein, von denen mindestens eine dotiert ist. Die molaren Dotierungskonzentrationen liegen typischerweise im Bereich von 1 : 10 bis 1 : 10000. Falls die Dotanden wesentlich kleiner sind als die Matrixmoleküle, können in Ausnahmefällen auch mehr Dotanden als Matrixmoleküle in der Schicht sein (bis 5 : 1). Es ist möglich organische oder anorganische Dotanden beizumischen. In der praktischen Realisierung des Schichtaufbaus im Resonator ist es möglich, den oben aufgeführten Schichtaufbau zu invertieren. Dabei befindet sich dann die löcherinjizierende Elektrode (Anode) oben auf dem Bauelement. Eine OLED mit einer solchen erfindungsgemäßen Struktur ist in Patentschrift DE 101 35 513.0-33 (Leo et al.) vorgestellt.

[0021] Die Realisierung des Laser-Resonators zur Rückkopplung des emittierten Lichts kann sich an bekannten Ausführungsformen für Halbleiterlaser orientieren. Dazu gehören Formen mit einem planaren Wellenleiter mit Spiegeln an den beiden Enden, planare Laser mit verteilter Rückkopplung durch ein Gitter, vertikale Laser mit dielektrischen und/oder metallischen Spiegeln, und andere bekannte Formen.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von zwei Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0023] Bild 1 eine organische Laserstruktur mit planarem Resonator

[0024] Bild 2 eine organische Laserstruktur mit vertikalem Resonator

[0025] In Bild 1 ist eine Laserstruktur mit planarem Wellenleiter-Resonator gezeigt. Ein Injektions-Kontakt (1, z. B. die Anode) befindet sich auf dem Substrat (0). Der andere Kontakt (7) auf der organischen Schichtstruktur. Die dotierten Transportschichten (2) und (6) erleichtern die Injektion und den Transport der Ladungsträger zur emittierenden Schicht (4). Die Schichten (3) und (5) dienen als undotierte

Blockschichten im Sinne des Patents DE 100 58 578.7 (Pfeiffer et al.). Die Realisierung der Spiegel kann als externe Spiegel oder in monolithisch integrierter Form, in einfachster Weise z. B. als Bruchkanten, erfolgen (21, 22). Bei diesem Aufbau muss die Wellenleitung im aktiven Medium (4) erfolgen. Dies erreicht man z. B. durch einen kleineren Brechungsindex der die Lichtemissionsschicht (4) umgebenden Schichten (2, 3, 5, 6). Das Laser-Licht (40) wird in der Ebene des Substrates (0) emittiert. In dieser Ebene liegt auch der Laser-Resonator (30). Die Laserbedingung (zur Bestimmung des Schwellwertes der Laseremission) sagt dann aus, dass innerhalb eines Lichtumlaufes im Resonator (30) die Summe aller Verluste kleiner sein muss als die Summe der Licht-Verstärkungen im Resonator.

[0026] In Bild 2 ist eine Laserstruktur mit vertikalem Resonator gezeigt. Der Aufbau erfolgt z. B. auf einem dielektrischen Spiegel (21, auf einem Substrat - 0), dem eine transparente Kontaktschicht (1) folgt. Darauf folgt der beschriebene Aufbau der organischen Schichten (2-6). Anschließend kann z. B. eine Metallschicht als Deckkontakt (z. B. Kathode) und zweiter Resonatorspiegel (7 = 22) aufgebracht werden. Alternativ könnte eine zweite transparente Kontaktschicht und darauffolgend wieder ein dielektrischer Spiegel (22) aufgebracht werden. Der Resonator (30) wird hierbei senkrecht zum Substrat ausgebildet, das Laserlicht (40) bevorzugt durch den Spiegel mit der höheren Transmission ausgekoppelt (im Beispiel durch den dielektrischen Spiegel). Der dielektrische Spiegel kann auch in einem bestimmten Abstand über der obersten Kontaktschicht angebracht sein. Hierbei muss der Abstand so gewählt werden, dass Wellenlänge λ einer Resonatormode (optische Dicke zwischen den Spiegeln ist gleich einem Vielfachen der halben Wellenlänge λ) im Emissionsspektrum der aktiven organischen Schicht liegt (diese Bedingung muss auch für den davor beschriebenen monolithischen Aufbau gelten). Das Maximum der Feldstärke der optischen Mode sollte in der aktiven Schicht liegen, um eine maximale Verstärkung der optischen Mode des Laser-Resonators erreichen zu können. Außerdem muss der dielektrische Spiegel (21) eine hohe Reflektivität (typ. > 90%) bei der Resonatorwellenlänge aufweisen, um die Auskoppelverluste pro Lichtumlauf gering zu halten.

[0027] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dieser Bauart kann wie folgt aufgebaut sein: auf einem Glasträger (0) befindet sich der unterseitige dielektrische Spiegel (21) aus z. B. 10 Schichten SiO₂/TiO₂. Diese müssen in ihrer Schichtdicke so abgestimmt sein, dass bei einer Wellenlänge von 530 nm die maximale Reflexion erreicht wird (unter Berücksichtigung der Brechungsindizes der auf der dielektrischen Spiegelschichtfolge aufgetragenen Schichten). Darauf befindet sich die transparente Anode (1), in diesem Fall bestehend aus 100 nm Indium-Zinn Oxid (ITO). Die weitere Schichtreihenfolge der organischen Schichten ist: als Löchertransportschicht (2) 100 nm Starburst (m-MTDATA, 4,4',4''-tris(3-methylphenylphenylamino)-triphenylamine, von Syntec GmbH Wolfen, Deutschland) dotiert mit F₄-TCNQ (tetrafluoro-tetracyano-quinodimethan, Fisher-Acros Chemicals) im molaren Verhältnis 50 : 1, als löcherseitige Blockschicht (3) 5 nm TPD (triphenyldiamin, Syntec), als Emitterschicht (4) 15 nm Alq₃ (Aluminium-tris-quinolate, Syntec) dotiert mit einem Quinacridon-Molekül (QAD, Syntec ST 930/2, N,N'-diphenyl-quinacridone) im molaren Verhältnis 100 : 1, als elektronenseitige Blockschicht (5) 20 nm Bphen (bathophenanthroline, Aldrich Chemicals), als elektronentransportierende Schicht (6) 30 nm Bphen dotiert mit Lithium im molaren Verhältnis 1 : 1 und als Deckkontakt (7, Kathode) und zweiter Spiegel (22) ca. 100 nm Aluminium. Die Gesamtschichtdicke zwischen den Spiegeln

(Resonator-Kavität 30) beträgt hierbei 270 nm, das entspricht bei einem mittleren Brechungsindex der organischen Schichten und des ITO von 1.7 einer optischen Weglänge von ca. 460 nm. Der Farbstoff QAD emittiert in einem breiten Spektrum um 530 nm herum (Halbwertsbreite ca. 70 nm). Im Bauelement entspricht dies einer Wellenlänge von ca. 310 nm (510 nm/Brechungsindex in den organischen Schichten). Die optische Kavität (30) ist also eine 3/2- λ Kavität. Am Aluminium Deckkontakt befindet sich ein Feldstärke-Knoten der optischen Mode, an der Stelle der lichtemittierenden Schicht (4) befindet sich das erste Feldstärke-Maximum der Mode. Durch die relativ dicke löchertransportierende Schicht (2, 100 nm) konnte also die emittierende Schicht (4) in den Bereich eines Feldstärke-Maximums der optischen Mode geschoben werden. Die hier aufgeführten Schichtdicken und Materialien geben nur ein Beispiel für die Verwirklichung eines vertikal emittierenden organischen Lasers an und sollen das Prinzip des Laser-Aufbaus verdeutlichen, Variationen der Schichtdicken und Materialien sind im Sinne des Patentes.

[0028] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist ein ebenfalls vertikal emittierender Laser, bei dem die Injektion von Ladungsträgern einer oder beider Sorten in die emittierende Schicht seitlich über einen z. B. ringförmig um ein nicht kontaktiertes Zentrum, daher Ringkontakt-Laser, angeordneten Kontakt und die hoch leitfähigen dotierten Ladungsträgertransportschichten erfolgt. Der Strom einer Ladungsträgersorte fließt bei diesem Aufbau durch einen Kontakt seitlich in die Ladungsträgertransportschicht und dann vertikal zur emittierenden Schicht. Der Strom der anderen Ladungsträgersorte kann über einen herkömmlichen Kontakt injiziert werden, oder (bei ringförmiger Ausbildung des Resonators, das heisst der Resonator selbst umschließt einen offenen Bereich unter dem sich der andere Kontakt befindet) ebenso über seitliche Injektion erfolgen, was wiederum hochleitfähige dotierte Transportschichten voraussetzt. Der Resonator wird an der Stelle des ringförmigen Kontaktes durch einen in der Öffnung befindlichen (z. B. dielektrischen) Spiegel gebildet. Innerhalb des optischen Resonators kann sich dadurch eine weniger oder gar keine Metallschicht mehr befinden. Dies senkt die Absorptionsverluste pro Umlauf der Lasermode im Resonator. Die Schwellen-Photonendichte zum Beginn der Lasertätigkeit wird also gesenkt.

Bezugszeichenliste

- 0 Träger, Substrat
- 1 Basiselektrode, löcherinjizierend (Anode = Pluspol),
- 2 p-dotierte Löcher injizierende und transportierende Schicht,
- 3 löcherseitige Blockschicht
- 4 lichtemittierende Schicht,
- 5 elektronenseitige Blockschicht
- 6 n-dotierte Elektronen injizierende und transportierende Schicht,
- 7 Deckelektrode, elektroneninjizierend (Kathode = Minuspol)
- 21 Spiegel, Reflektor (z. B. dielektrischer Stapel, Bruchkante)
- 22 Spiegel, Reflektor (z. B. dielektrischer Stapel, Bruchkante)
- 30 Laser-Resonator
- 40 Laserlicht

Patentansprüche

1. Elektrisch gepumpter Laser mit organischen

Schichten, bestehend aus Ladungsträgertransportschichten (2, 6), einer Licht emittierenden Schicht (4), Kontaktschichten (1, 7) und einer Resonatoranordnung, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine der Ladungsträgertransportschichten zur Erzeugung 5 von beweglichen Ladungsträgern dotiert ist.

2. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aktiven Schichten des Bauelements bestehen aus einer löcherinjizierenden Anode (1), einer Löchertransportschicht (2) zur Löcherleitung aus einer organischen Hauptsubstanz und akzeptorartiger Dotierungssubstanz, einer ersten organischen löcherseitigen Blockschicht (3), einer lichtemittierenden Schicht (4), einer zweiten organischen elektronenseitigen Blockschicht (5), einer Elektronentransportschicht (6) zur Elektronenleitung aus einer organischen Hauptsubstanz und donatorartiger Dotierungssubstanz, und einer Kathode (7) zur Elektroneinjektion. 15

3. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Löchertransportschicht (2) und/oder Elektronentransportschicht (6) in mehrere Schichten aufgeteilt sind. 20

4. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtfolge aus Löchertransportschicht (2), Blockschicht (3) und lichtemittierender Schicht (4) mehrfach vorgesehen ist. 25

5. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtemittierende Schicht aus mehreren Schichten besteht. 30

6. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator als planarer Wellenleiter mit monolithisch integrierten Spiegeln, verwirklicht durch eine Bruchkante oder ein reflektierendes Material ausgeführt ist. 35

7. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator als planarer Wellenleiter mit externen Spiegeln oder anderen Elementen zur Rückkopplung ausgeführt ist. 40

8. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator als planarer Wellenleiter mit verteilter Rückkopplung in einer Raumdimension ausgeführt ist. 45

9. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator als planarer Wellenleiter mit verteilter Rückkopplung in zwei Raumdimensionen ausgeführt ist. 50

10. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die organischen Schichten in einen vertikalen Resonator, bestehend aus dielektrischen und/oder metallischen Spiegeln, eingebettet sind. 55

11. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die organischen Schichten in einen vertikalen Resonator, bestehend aus dielektrischen und/oder metallischen Spiegeln, eingebettet sind, wobei einer oder beide Spiegel nicht in direktem Kontakt mit den organischen- und Kontaktschichten stehen (externe Spiegel). 60

12. Elektrisch gepumpter Laser nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Elektrode mit einer Öffnung ausgebildet ist, in der sich die optische Mode ausbreitet, bei dem die Ladungsträgerinjektion in die lichtemittierende Schicht über die an diese Elektrode angrenzende dotierte Ladungsträgertransportschicht erfolgt, und der Spiegel für die Ausbildung des Laser-Resonators sich in der Öffnung 65

der Elektrode befindet.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

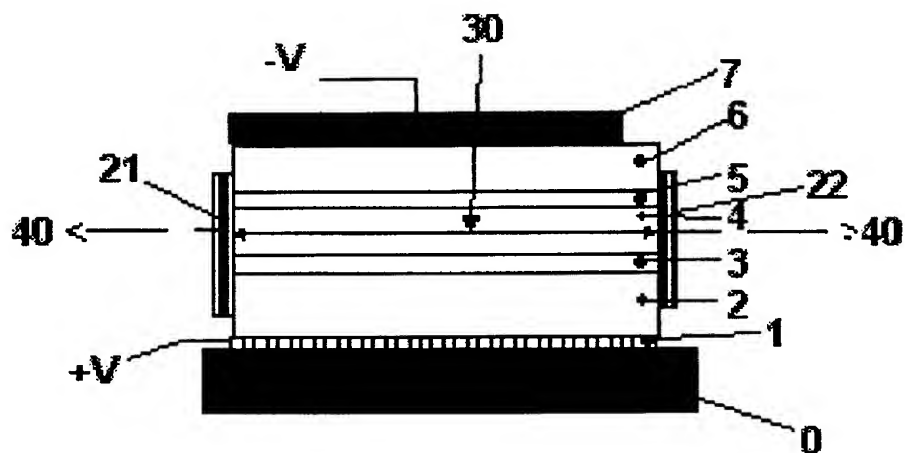


Bild 1

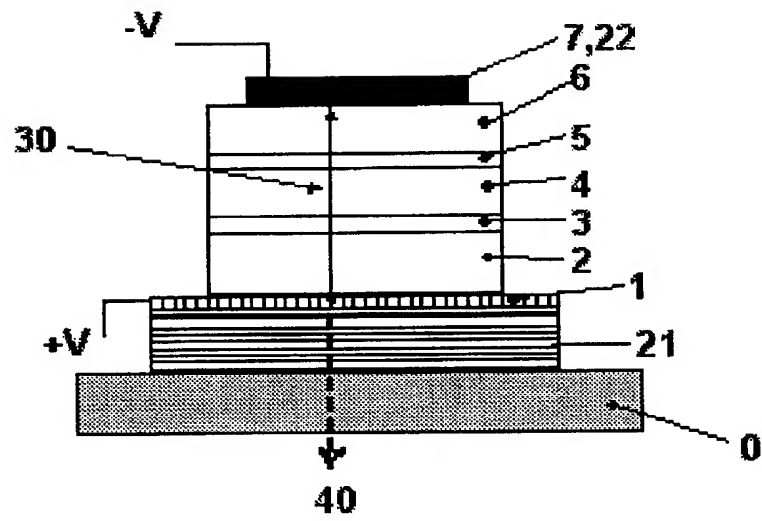


Bild 2